

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET**  
**BIOLOŠKI ODSJEK**

**UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA JADRANSKO MORE**  
**IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE ADRIATIC SEA**  
**SEMINARSKI RAD**

Danijela Damijanić  
Preddiplomski studij znanosti o okolišu  
(Undergraduate study of Environmental science)  
Mentor: izv. prof. dr. sc. Petar Kružić

Zagreb, 2019.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. JADRANSKO MORE.....	1
2.1. Bioraznolikost Jadrana .....	3
3. KLIMATSKE PROMJENE.....	3
4. POSLJEDICE KLIMATSKIH PROMJENA NA JADRAN.....	5
4.1. Povećanje temperature.....	5
4.2. Promjene u oborinama te dotoku vode i hranjivih tvari .....	6
4.3. Utjecaj na riblje populacije .....	8
4.4. Promjene u geografskoj rasprostranjenosti organizama .....	8
4.4.1. Migracije autohtonih vrsta riba .....	10
4.4.2. Migracije alohtonih vrsta.....	11
4.4.3. Termofilne vrste želatinoznih organizama .....	13
4.4.4. Invazivne vrste algi .....	15
4.5. Utjecaj klimatskih promjena na koralje .....	15
4.6. Zakiseljavanje oceana i mora.....	17
4.7. Povećanje razine mora.....	19
4.8. Cvjetanje mora .....	20
5. BUDUĆNOST JADRANA .....	22
6. LITERATURA.....	23
7. SAŽETAK .....	27
8. SUMMARY .....	27

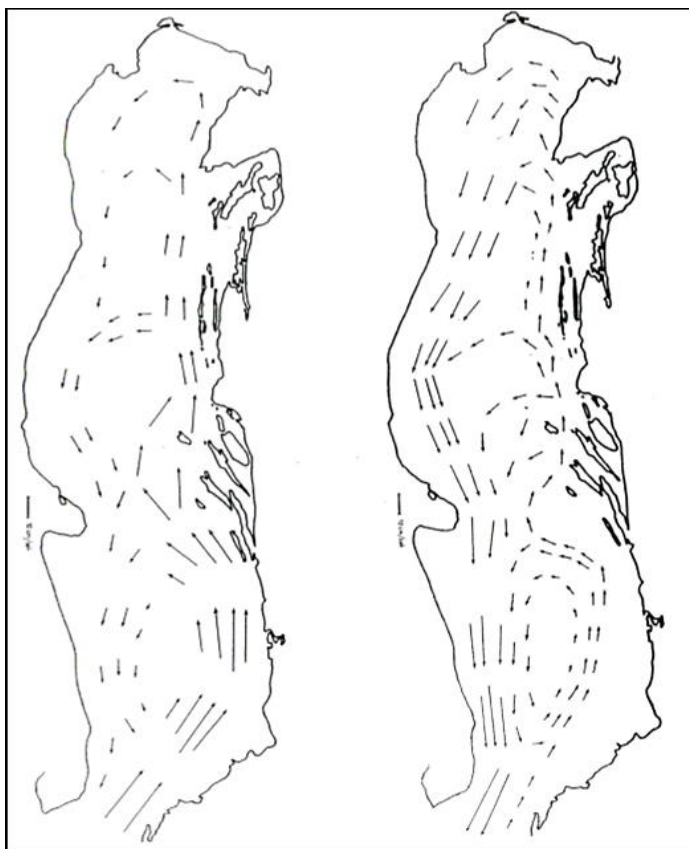
## 1. UVOD

Jadransko je more jedna od najposebnijih značajki naše domovine i ono po čemu smo poznati u svijetu. Svi mi imamo određenu korist od mora, npr. tijekom cijele godine iz njega vadimo ono što nam je potrebno za prehranu dok nam ljeti služi za kupanje i turizam koji donosi ekonomsku dobit. No pitanje je u kojoj mjeri mi uzvraćamo moru te hoće li naš Jadran zauvijek ostati ovakav kakav jest? Odgovori na ova pitanja su nažalost razočaravajući. Čovjek svojim postupcima veoma utječe na prirodu oko sebe te ju izmjenjuje na način da se ona vrlo teško može ponovno vratiti u svoje prvobitno stanje. U zadnje se vrijeme sve češće spominju klimatske promjene do kojih je došlo ponajviše antropogenim djelovanjem. Povećanje temperature zraka, povećane emisije stakleničkih plinova, otapanje ledenjaka, sve češći ekstremni vremenski događaji, promjene areala rasprostranjenosti brojnih vrsta samo su neke od njih. Niti oceani nisu pošteđeni klimatskih promjena pa tako ni naš Jadran te se u zadnjih nekoliko desetljeća događaju brojne promjene u njemu. Ono je idealno područje za proučavanje promjena u morskom ekosustavu jer zbog svoje male veličine i zatvorenosti reagira brže na novonastale promjene u okolišu. U ovome ću radu iznijeti neke opažene promjene u Jadranu koje se pripisuju klimatskim promjenama te njihove posljedice za čitav ekosustav i ljude.

## 2. JADRANSKO MORE

Jadransko more je najsjeverniji izdanak Sredozemnog mora i čini tek 4,6% njegove ukupne površine. Proteže se u smjeru jugoistok-sjeverozapad dužinom od 870 km, širine je oko 380 km, a ukupna površina mu iznosi 138.000 km<sup>2</sup>. Prema batimetriji i određenim svojstvima dijeli se na vrlo plitki Sjeverni Jadran (prosječna dubina 35 m), srednji Jadran (prosječna dubina 140 m) i južni Jadran koji je najdublji s maksimalnom dubinom od oko 1228 m izmjerenom u Južnojadranskoj kotlini (Viličić 2014). Obalna linija Jadranskog mora proteže se na oko 7911 km, od čega se najveći dio (5835 km, odnosno 74% ukupne obale Jadrana) odnosi na Hrvatsku. Ostatak istočne obale dijelimo sa Slovenijom, Bosnom i Hercegovinom, Crnom gorom, Albanijom i Grčkom. Zapadna obala duljine 1272 km pripada Italiji (URL 1.). Jadransko se more odlikuje visokim salinitetom koji u površinskom sloju iznosi prosječno 38,30 ‰, a opada od juga prema sjeveru. Njegov salinitet rezultat je precipitacije, evaporacije i intenziteta ulaska slaniye vode iz Mediterana u Jadran. Što se tiče temperature, Jadran je umjereno toplo more u kojem temperatura ni u najdubljim dijelovima ne pada ispod 10 do 12 °C.

Opći sistem cirkulacije Jadrana opisuje se kao zbroj triju nezavisnih sustava strujanja u njegovim pojedinim vertikalnim slojevima. To su: površinski, intermedijarni i pridneni sloj. Površinski sloj obuhvaća područje do 40 m dubine iako ta vrijednost varira ovisno o sezoni i dijelu Jadrana. Zimi u površinskom sloju prevladava ulazna istočnojadranska struja i to uz istočnu obalu Jadrana koja donosi topliju i slaniju mediteransku vodu, dok je ljeti prisutna izlazna zapadnojadranska struja uz njegovu zapadnu obalu. To je tzv. ciklonalno strujanje (Sl. 1.). U intermedijarnom sloju je tijekom cijele godine prisutna ulazna struja i taj sloj zbog toga ima najslaniju vodu. Za pridneni sloj je karakteristična zapadnojadranska pridnena struja tijekom cijele godine. Osim tog glavnog ciklonalnog strujanja, u površinskom sloju Jadrana se javlja i nekoliko odvojenih ciklonalnih strujanja. Primjeri su kanali i zaljevi u kojima na strujanje imaju utjecaj plima i oseka te vjetar (Buljan i Zore-Armanda 1971). Pod utjecajem jačeg dotoka levantinske intermedijarne vode tj. u doba ingresija u Jadranu se uočava porast zimskih temperatura i saliniteta, kad se maksimalna temperatura nalazi uz površinu mora (Viličić 2014).



**Slika 1.** Površinska cirkulacija vode u Jadranu tijekom zimskog i ljetnog perioda Izvor: Buljan i Zore- Armanda 1971.

Od dominantnih vjetrova tu su bura i jugo. Bura je hladan i suh vjetar koji puše sa sjeveroistoka i on miješa vodeni stupac, povećava isparavanje, gustoću mora i gubitak topline. Jugo je topao i vlažan vjetar koji puše sa jugoistoka i veća je učestalost u hladnijem dijelu godine. Velik utjecaj na raspodjelu hranjivih tvari u Jadranu imaju riječni slivovi sa obje strane obale, a posebno rijeka Po u njegovom sjeverozapadnom dijelu (Krželj 2010).

## 2.1. Bioraznolikost Jadrana

Jadransko more po svojim ekološkim karakteristikama pripada cjelini Mediterana s kojim dijeli zajedničko podrijetlo od mezozojskog Tethysa. Iako dijele brojne ekološke značajke, Jadransko se more u mnogočemu razlikuje od Mediterana te se izdvaja kao posebna biogeografska podjedinica Mediterana sa brojnim endemima. Prema nekim izvorima broj vrsta u Jadranu se kreće između 12 i 15 tisuća. Zabilježeno je 2597 vrsta algi, 5647 beskralježnjaka, 451 vrsta riba, tri vrste morskih kornjača (glavata želva, zelena želva i sedmopruga usminjača) te 4 vrste stalnih sisavaca dok se brojni drugi (sredozemna medvjedica, neki kitovi itd.) pojavljuju samo povremeno (Berković i dr. 2016).

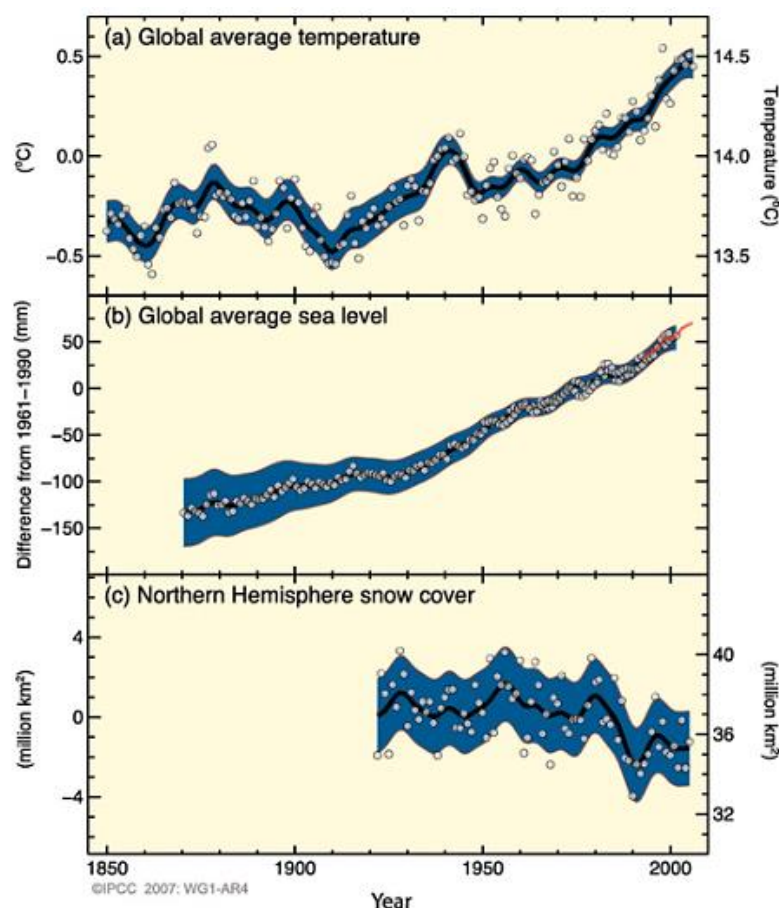
U Jadranu postoje mnoge vrste koje su zaštićene Zakonom o zaštiti prirode kao što su sve morske kornjače, svi morski sisavci, plemenita periska, puževi prugasta mitra i Tritonova truba. Jadran je i važno stanište morske cvjetnice posidonije koja je rasprostranjena gotovo čitavom dužinom naše obale, ali je u zadnje vrijeme veoma ugrožena i sve više nestaje (URL 2.). Činjenica je da se bioraznolikost Jadrana povećava od sjevera prema jugu. U južnom je Jadranu zabilježeno oko 89%, u srednjem oko 78%, a u sjevernom oko 65% ribljih vrsta od dosad utvrđenih (URL 3.).

## 3. KLIMATSKE PROMJENE

Klima se na Zemlji oduvijek mijenjala još mnogo prije čovjekovog postanka. Izmjenjivala su se topla i ledena doba i to prirodnim procesima. Promjenu klime dokazuju paleološka mjerenja u proteklih nekoliko tisućljeća, meteorološka mjerenja u proteklih stotinjak godina te oceanološka istraživanja u proteklih nekoliko desetljeća. Od početka industrijske revolucije termin klimatske promjene koristimo kada govorimo o promjenama klime koje se dešavaju zbog antropogenog utjecaja. Najviše se govori o globalnom zatopljenju koje

podrazumijeva porast temperature zraka i porast temperature u morima i oceanima uzrokovano efektom staklenika. On nastaje zbog prevelike emisije stakleničkih plinova nastalih antropogenim djelovanjem koji zadržavaju veliki postotak Sunčevog zračenja i uzrokuje porast temperature u atmosferi (Krželj 2010). Najveći uzrok globalnom zatopljenju je ugljikov dioksid koji se oslobađa sagorijevanjem plina, ugljena, nafte i naftnih derivata. Procjenjuje se da se svakog dana ispusti oko 22 milijarde tona ugljikovog dioksida (URL 4.).

Posljedice klimatskih promjena postale su svakodnevne i već se osjećaju u svim dijelovima svijeta. Usporedbom podataka na temelju dugogodišnjih mjerenja dolazi se do zaključaka o povećanju temperature zraka na globalnoj razini, smanjenju ledenog pokrivača te posljedično o povećanju razine mora za oko 15 cm od početka 20. stoljeća (Sl. 2.). Sve su češći ekstremni vremenski uvjeti koji na jednom dijelu planete donose intenzivne kiše i poplave, dok u na drugom dijelu dolazi do toplinskih valova i suša (URL 4.).



**Slika 2.** Promjena prosječne globalne temperature (a), prosječne globalne razine mora (b) i snježnog pokrivača na sjevernoj hemisferi (c) od 1850-ih do 2000-ih

Izvor: URL 5.

Dugoročne baze podataka o vrijednostima temperature zraka dostupne su od 1860-ih otkad postoje instrumentalna mjerenja temperature. Za stogodišnji vremenski period (1906.-2005.) vidi se jasan porast globalne prizemne temperature zraka od 0,74 °C (URL 5.).

Važnost oceana i mora je u tome što oni pohranjuju toplinu i morskim je strujama prenose s jednog kraja svijeta na drugi te na taj način reguliraju razmjenu topline i smanjuju utjecaj klimatskih promjena. Porast temperature u morima i oceanima od 1860. do 2008. iznosio je oko 0,6 °C, što je manje od porasta temperature na kopnu u tom periodu. Otkad postoje mjerenja temperature, najtoplijom godinom smatra se 2005. s anomalijom +0,6 °C od globalne temperature te anomalijom od +0,73 °C na Sjevernoj polutki (Krželj 2010).

#### 4. POSLJEDICE KLIMATSKIH PROMJENA NA JADRAN

U Jadranu je u proteklih 40 godina primijećen porast temperature, povećano zakiseljavanje, promjene u količini oborina, dotoku vode i hranjivih tvari rijekom Po te zbog toga povećanje saliniteta u sjevernom dijelu Jadrana. Osim toga primijećena je i promjena u geografskoj rasprostranjenosti pojedinih organizama, npr. termofilne vrste riba i meduza. Primijećene su promjene u sastavu i brojnosti i ostalog zooplanktona, posebno u obalnom dijelu Jadranskog mora. Osim horizontalnih migracija, prisutne su i vertikalne migracije prema dubljim i hladnijim vodama te će se, ukoliko temperatura mora i dalje nastavi rasti, geografska rasprostranjenost ovih vrsta sve će se više smanjivati i na kraju potpuno nestati. Zabilježena su i sve češća toksična cvjetanja morskog fitoplanktona, širenje bakterija i termofilnih vrsta tropskih algi preko balastnih voda (Krželj 2010). Za sesilne zajednice biljnih i životinjskih vrsta do 50 m dubine promjena temperature ima najveće posljedice. Tako su ozbiljno ugrožene populacije nekih spužvi, koralja, mahovnjaka, plaštenjaka te morskih cvjetnica. Vrlo je veliki problem izbjeljivanje i izumiranje koralja zbog utjecaja temperaturnih promjena na njihove endosimbionte. Strahuje se i od porasta razine mora koji bi mogao ozbiljno ugroziti turizam Hrvatske i cjelokupni život u njoj (Berković i dr. 2016).

##### 4.1. Povećanje temperature

U ljeto 2003. izmjerene su najviše temperature zraka u Jadranskom bazenu. Zanimljiva je činjenica da je 2005. proglašena najtoplijom godinom u posljednjih 150 godina na globalnoj

razini dok je u Jadranskom bazenu zabilježena kao najhladnija godina od početka 21. stoljeća. To se može objasniti vrlo hladnom, suhom i vjetrovitom zimom te godine. Analizirajući godišnja doba, statistički pozitivan trend temperatura zabilježen je u ljeto, proljeće i jesen, dok zima pokazuje statistički nejasan pozitivan trend temperature najvjerojatnije zbog promjenjivih i hladnih zima zabilježenih u tom periodu (Krželj 2010).

Što se tiče temperatura u Jadranu, njihovo dokumentiranje vrši Institut za oceanografiju i ribarstvo iz Splita na profilu Split-Gargano od 1950-ih godina. Otkad postoje mjerenja do danas, površinski se sloj Jadrana (do dubine od 20 m) zagrijao za oko 1,8 °C. Intermedijarni sloj (od 20 do 100 m) u tom se periodu ohladio za oko 0,6 °C, a pridneni sloj se zagrijao za oko 0,2 °C. Grijanje površinskog i pridnenog sloja te hlađenje intermedijarnog sloja ukazuju na to da povećanje temperature djeluje na slabljenje strujanja i cirkulacije vode između Jadrana i Sredozemnog mora. Prosječni porast temperature u ljetnim mjesecima iznosi oko 1,4 °C, dok je porast u zimskim mjesecima puno manji i iznosi 0,6 °C. Dovoljno je usporediti temperature mora prije nekoliko desetljeća, koje su tada iznosile oko 25 °C i danas kada uobičajene temperature iznose oko 27 °C i više (URL 6.). Prema riječima stručnjaka, Jadran se u prosjeku godišnje zagrijava za 0,03 °C te bi istim tempom u narednih 10 godina temperatura površine mora mogla narasti i za 0,3 stupnja, a za 100 godina i do 3 °C (URL 7.). Povećanje temperature mora je glavni uzrok svih ostalih promjena koje se događaju u Jadranu, a koje obuhvaćaju promjene njegove flore i faune.

#### 4.2. Promjene u oborinama te dotoku vode i hranjivih tvari

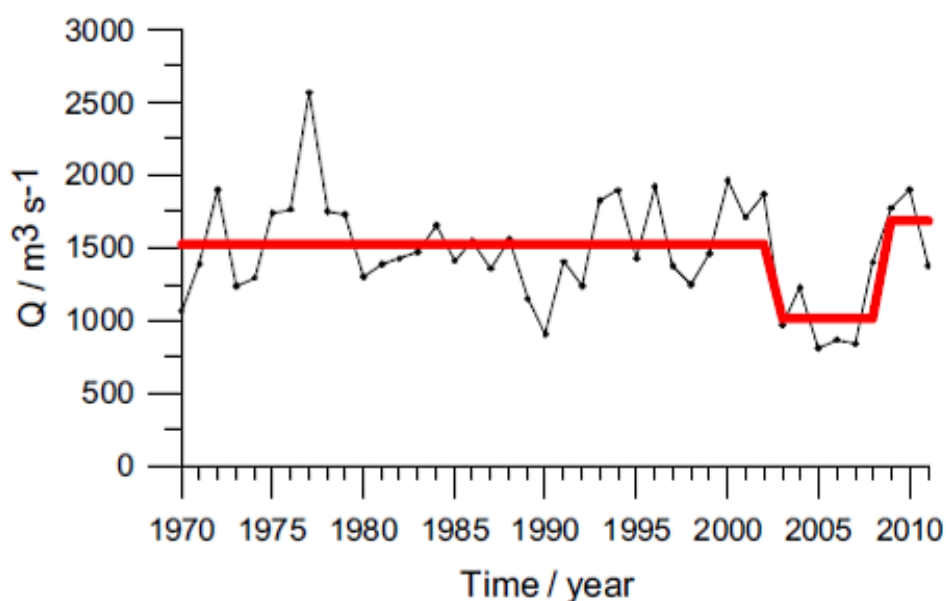
Globalno zatopljenje uzrokuje i promjene u količini, intenzitetu, učestalosti i tipu oborina te smanjenje volumena i rasprostranjenosti snježnog i ledenog pokrivača. Utjecaj toga na mora i oceane očituje se u promjenama u dotocima rijeka koje se slijevaju u more što utječe na donos slatke vode i hranjivih tvari te na salinitet. Na taj se način mijenjaju fizikalne, kemijske i biološke značajke morskog ekosustava. Takve promjene uzrokuju poremećen sustav morskih strujanja te utječu na rasprostranjenost organizama.

Na Jadransko more utječe dotok vode rijekama u Južnoj Europi, a tamo je proteklih godina zabilježen smanjen dotok rijeka sa velikim promjenama u sezonskim dotocima. Tako je u područjima u kojima je nekad bio uobičajen veliki dotok rijekama zbog snježnih padalina, zabilježen negativan trend proljetnog riječnog dotoka, dok je na istim područjima došlo do promjene u vrsti oborina na što upućuje pozitivan trend dotoka u jesenskom i zimskom



razdoblju. Kao najznačajnija rijeka po dotoku vode u Jadran ističe se rijeka Po sa prosječnim godišnjim dotokom od  $1490 \text{ m}^3/\text{s}$  i zaslužna je za 70 % donosa hranjivih tvari. Postoje dva maksimuma dotoka rijekom Po. Prvi je u proljeće zbog topljenja snijega u planinama, a drugi je u jesen i ovisi o količini i vrsti padalina. U zadnjih nekoliko desetljeća zabilježen je smanjen dotok rijekom Po sa nekoliko godišnjih dotoka manjih od  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ . Po tom je pitanju značajna 2003. godina kao godina u kojoj je zabilježen treći minimalni dotok rijekom Po u zadnjih 100 godina. Tad je izmjeren dotok od  $834 \text{ m}^3/\text{s}$ . Takav dotok podudara se sa mjerenjima temperature zraka koji su pokazali da je to bilo najtoplije ljeto u povijesti mjerenja sa najvišim izmjerenim salinitetom (Krželj 2010).

Od 1980-ih primijećen je reduciran dotok vode (za 33 %) i manjim rijekama, pretpostavlja se da su uzrok tome česte suše u tom periodu. Posljedično, od 2003. do 2007. godine zabilježen je smanjen dotok hranjivih tvari (dušik, fosfor, ortosilikati) rijekom Po (Sl. 3.) i ostalim rijekama u sjeverni Jadran za čak 50-70 %. Neuobičajeno visoki salinitet u čitavom sjevernom dijelu Jadrana zabilježen je od 2000. godine nadalje. O tome govore mjerenja provedena od 1976. do 2006. u cijelom sjevernom Jadranu te mjerenja provedena od 1972. do 2009. godine provedena u Tršćanskom zaljevu. Pretpostavlja se da je uzrok tome reduciran dotok vode rijekom Po te dugotrajniji dotok slanije vode iz južnog i srednjeg dijela Jadrana (Cozzi i dr. 2012).



**Slika 3.** Varijacije prosječnog godišnjeg dotoka vode rijekom Po uz značajniji pad od 2003. do 2007.

Izvor: Cozzi i dr. 2012.

#### 4.3. Utjecaj na riblje populacije

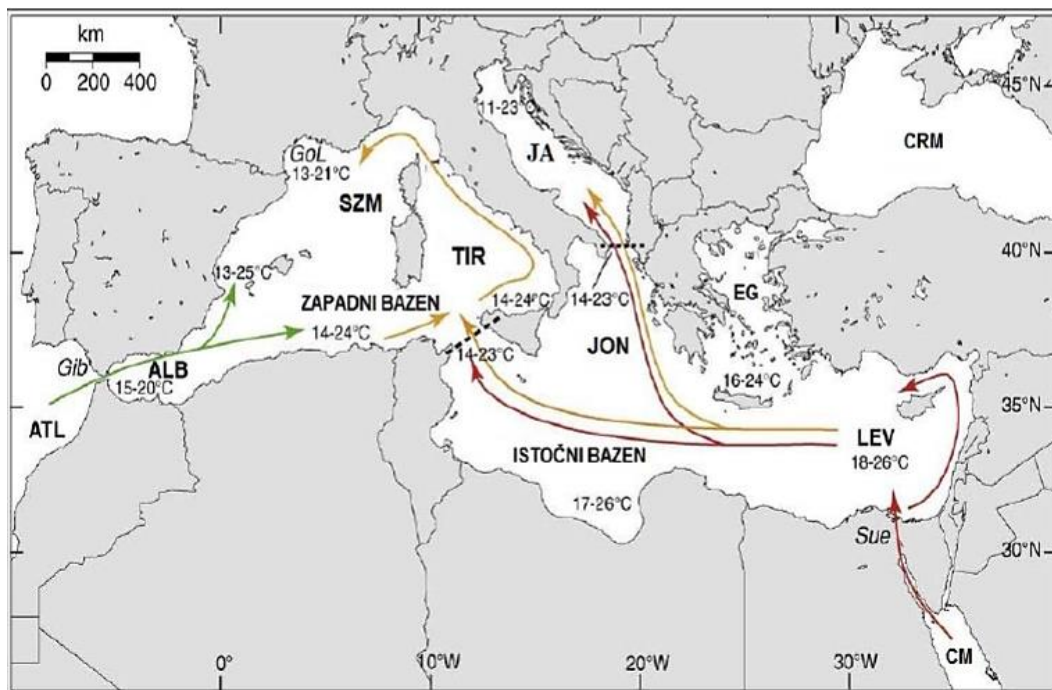
U posljednjih 20-tak godina primijećene su kvalitativne i kvantitativne promjene u jadranskoj ihtiofauni. Klimatske promjene utječu na riblje populacije na više razina, a to su: utjecaj na raspodjelu i brojnost ribljih populacija, utjecaj na vrijeme pojedinih životnih ciklusa, utjecaj na metabolizam i fiziologiju jedinke te utjecaj na cijeli ekosustav putem hranidbenih lanaca. Socio-ekonomski utjecaj takvih promjena na morsko ribarstvo može biti različit. Jedna od najznačajnijih riba u Jadranu je srdela kod koje je u posljednje vrijeme primijećeno produljenje sezone mriještenja i mriještenje na novim mjestima. Još neki primjeri su i promjene u migracijskom obrascu papalina, zatim veliki pad populacije europskog incuna od 1995. godine itd (Dulčić i dr. 2012). Sitna plava riba (srdela, incuni, papalina) predstavlja najvažniji riblji resurs Jadrana, a kako razvoj ličinki istih ovisi o temperaturi, donosu hranjivih tvari i razvoju planktona tako promjene u tim istim uvjetima zbog klimatskog utjecaja imaju veliki učinak na populacije tih vrsta (Viličić 2013).

Klimatske bi promjene u budućnosti, osim svih nabrojanih negativnih posljedica na ekosustav Jadrana i općenito na ribarstvo, mogle dovesti i do nekih pozitivnih učinaka. Produljit će se sezona rasta i skratiti uzgojni ciklusi. Primjerice vrste kojima više odgovara veća temperatura mora bi mogle povećati svoju produktivnost. Takva vrsta je npr. tuna čijem bi uzgoju na istočnom dijelu Jadrana pogodovao rast temperature. Još neke vrste kojima bi odgovaralo toplije more su i orada te dagnja. Suprotno od toga, postoje vrste kojim više odgovara hladnije more poput brancina ili kamenice te će se oni povući u dublje i hladnije dijelove mora (Dulčić i dr. 2012).

#### 4.4. Promjene u geografskoj rasprostranjenosti organizama

Uz utjecaj klimatskih promjena na morski ekosustav najčešće se veže promjena geografske rasprostranjenosti određenih vrsta. Nove vrste u nekom području možemo smatrati samo alohtonim, ali neke su i invazivne. Ukoliko organizmi prirodno ne naseljavaju određeno područje već su u njega dospjeli slučajno ili namjerno tada govorimo o alohtonim vrstama. Invazivnim vrstama nazivamo novopridošle vrste koje ugrožavaju biološku raznolikost nekog područja ili uzrokuju ekonomsku štetu te nepovoljno utječu na zdravlje ljudi (Dulčić i dr. 2014). U Sredozemno more migriraju vrste iz Crvenog mora te iz suptropskog dijela Atlantika. Vrste

koje dolaze u Sredozemno more iz Crvenog mora putem Sueskog kanala nazivamo lesepsijskim (Sl. 4.) (Dulčić i dr. 2014).



**Slika 4.** Promjene u geografskoj rasprostranjenosti riba u Sredozemlju i Jadranu. Zelene strelice označavaju atlantske migrante, crvene lesepsijske migrante, žute autohtone sredozemne vrste  
Izvor: Dulčić i dr. 2014.

U Jadranu dolazi do migracije autohtonih vrsta sa juga bazena prema sjeveru, ali i do dolaska lesepsijskih migranata te vrsta iz Sredozemlja. Istočnojadranska ulazna struja duž istočne obale Jadrana pogoduje ulasku novih vrsta iz Mediterana u južni dio Jadrana. Strujama budu donesene odrasle jedinke kod kojih potom dolazi do reprodukcije i rasta populacije te do širenja prema sjevernom dijelu bazena. (Glamuzina 2012).

Dolazak novih vrsta u Jadran ima dvojaki karakter u gospodarskom i ekološkom smislu. Nove se vrste mogu proširiti i potisnuti autohtone vrste čiji se broj potom smanjuje. U tom smislu nove vrste mogu štetno djelovati na komercijalno važne i iskorištavane vrste što bi imalo negativan utjecaj na gospodarstvo. Neke vrste mogu biti i otrovne te mogu štetno utjecati na zdravlje ljudi ukoliko se konzumiraju. Osim negativnog, nove vrste mogu imati i pozitivan utjecaj na gospodarstvo ukoliko ih nalazimo u dovoljnom broju da se i same mogu komercijalno iskorištavati. U ekološkom smislu mogu povećati biološku raznolikost (Glamuzina 2012).

Osim horizontalnih migracija, migracije pod utjecajem globalnog zatopljenja u Jadranu su i vertikalne. Vrste koje preferiraju hladna staništa migriraju prema dubljim i hladnijim dijelovima mora zbog njegovog prevelikog površinskog zagrijavanja. Ukoliko se zagrijavanje nastavi ovakvim tempom, sve će dublji dijelovi Jadrana biti izloženi zagrijavanju i to će dovesti najprije do smanjenja hladnijih staništa te potom i do izumiranja vrsta koje obitavaju u njima (Krželj 2010).

Kad se govori o invazivnim vrstama u Jadranu, najčešće se govori o ribljim vrstama, no tu su uključene i brojne druge vrste poput meduza, algi, bakterija itd. Prema podacima iz 2006. od 100 najgorih invazivnih vrsta u Mediteranu barem je 30 prisutno u Jadranu (Berković i dr. 2016).

#### 4.4.1. Migracije autohtonih vrsta riba

Od autohtonih vrsta kirnji, u Jadranu su 3 vrste i to kirnja golema (*Epinephelus marginatus*), kirnja zlatica (*Epinephelus costae*) i kirnja zubuša (*Epinephelus caninus*). Novija istraživanja ukazuju na promjene u biološkim značajkama tih vrsta. Naime, zbog zagrijavanja Mediterana i Jadrana, uspješnost mriještenja kirnji se u južnom Jadranu svake godine povećava, a povećana je i kolonizacija srednjeg i sjevernog Jadrana posebno većim primjercima kirnje goleme (Dulčić i dr. 2012). Od vrsta koje su u proteklih nekoliko desetljeća proširile svoj areal rasprostranjenosti po čitavom Jadranu tu je i strijelka skakuša (*Pomatomus saltatrix*). Ona je prije bila rasprostranjena samo na južnom Jadranu, a u zadnje vrijeme se proširila i na srednji te sjeverni Jadran, a mogući uzrok su klimatske promjene. Ne samo da se proširila već je i značajno povećala svoju brojnost duž istočne obale Jadrana. Strijelka je izuzetno opasan predator za brojne ribe poput orade, brancina, cipla. Radi veliku štetu populaciji riba budući napada ne nužno samo zbog potrebe za hranom već i kad je sita. Osim toga uništava i ribarske mreže te smanjuje njihov ulov (Glamuzina 2012).

Još jedna autohtona vrsta koja je proširila svoj areal rasprostranjenosti sa južnog Jadrana na srednji i sjeverni je i kostorog (*Balistes capriscus*). Posljedica povećanja temperature mora je i širenje riba papigača (*Sparisoma cretense*) (Sl. 5.) koje su se do prije nekoliko desetaka godina mogle zamijetiti samo na jugu Jadrana, a sad su raširene po cijelom Jadranu. Te se ribe hrane koraljima (URL 8.).



**Slika 5.** Riba papigača (*Sparisoma cretense*)

Izvor: URL 15.

#### 4.4.2. Migracije alohtonih vrsta

Postoje brojne alohtone vrste koje pod utjecajem klimatskih promjena dolaze u Jadran, neke od najistaknutijih su kirnje karakteristične za suptropska područja. U Jadranu su se 1990-ih pojavile tri nove vrste kirnji, a to su kirnja bjelica (*Epinephelus aeneus*), narančasto-pjegasta kirnja (*Epinephelus coioides*) te češljasta kirnja (*Mycteroperca rubra*). Kirnja bjelica i narančasto-pjegasta kirnja su suptropske vrste koje su se u Jadranu pojavile 1998. godine. Narančasto-pjegasta kirnja je lesepsijski migrant. Češljasta kirnja je isto tako suptropska vrsta čiji je prvi nalaz u Jadranu zabilježen je 2000. godine kod Dubrovnika. Nove vrste kirnji se u posljednjih nekoliko desetaka godina sve češće uočavaju i u sjevernom dijelu Jadrana (Glamuzina 2012). Značajnija nalazišta novih vrsta kirnji u Jadranu bila bi pozitivna u gospodarskom smislu budući su one vrlo cijenjene i tražene vrste ribe. No, smatra se kako bi u ekološkom smislu napravile nepopravljivu štetu zbog nadmetanja sa autohtonim vrstama.

Ostale alohtone vrste koje su se u manjoj ili većoj mjeri proširile na Jadran su trorepan (*Lobotes surinamensis*), tamna mramornica (*Siganus luridus*), bodljikava mramornica (*Siganus rivulatus*), tupousna barakuda (*Sphyræna chrysotaenia*), žutousna barakuda (*Sphyræna viridensis*), oštrozubi morski gušter (*Saurida undosquamis*), plavotočkasta trumpetača (*Fistularia commersonii*), srebrenopruga napuhača (*Lagocephalus sceleratus*). Zbog sve češćih pronalazaka odraslih i mlađi pojedine vrste, smatra se da su tamna mramornica, žutousna

barakuda, plavotočkasta trumpetača i srebrenopruga napuhača već uspostavile populacije u južnom Jadranu. Tamna mramornica (*Siganus luridus*) i bodljikava mramornica (*Siganus rivulatus*) su vrste koje već imaju negativan utjecaj na autohtone vrste u Mediteranu pa i u Jadranu. U istočnom su dijelu Mediterana već potisnule i smanjile njezinu brojnost i vertikalnu distribuciju vrste salpa (*Sarpa salpa*) zbog kompeticije za hranom, a postoji opasnost da ugrozi i jadranske populacije ove vrste (URL 9.). Obje vrste su lesepsijski migranti. Plavotočkasta trumpetača (*Fistularia commersonii*) je rasprostranjena u Indijskom i Tihom oceanu, a u Jadran je dospjela putem Sueskog kanala. Budući se vrlo brzo proširila po cijelom Mediteranu dobila je nadimak „lesepsijski sprinter“, a ubraja se i u 100 najgorih invazivnih vrsta. U Jadranu je prvi puta zabilježena 2006. godine. Ona može značajno utjecati na cjelokupno gospodarstvo budući je izraziti grabežljivac i posebno ugrožava bukve, gire i trlje, a u novoj sredini bi mogla dodatno ugrožavati i srdele te incune (Dulčić i dr. 2012). Srebrenopruga napuhača (*Lagocephalus sceleratus*) (Sl. 6.) je rasprostranjena na području Indijskog i Tihog oceana, lesepsijski je migrant, a u Jadranu je prvi put zabilježena 2012. godine. Ova vrsta je izrazito opasna jer sadrži otrov tetrodotoksin koji se svrstava u jedan od najjačih otrova i djeluje smrtonosno. Njena konzumacija uzrokovala je nekoliko smrtnih slučajeva u zemljama istočnog Sredozemlja. Ima veliku stopu razmnožavanja te je iznimni grabežljivac i čini velike štete u ribarstvu (URL 10.).



**Slika 6.** Srebrenopruga napuhača (*Lagocephalus sceleratus*)

Izvor: URL 7.

Što se tiče vertikalnih migracija riba u Jadranskom moru, primjer su palamide i skuše koje su bile karakteristične za površinske dijelove Jadrana, a trenutno se povlače u dublje i hladnije dijelove (URL 7.). Osim manjih riba, postoji opasnost i novih vrsta tropskih morskih pasa koji bi se u budućnosti, s porastom temperature mora, mogli nastaniti u Jadranu (URL 11.).

#### 4.4.3. Termofilne vrste želatinoznih organizama

Osim novih vrsta riba, u Sredozemnom moru te Jadranu posljednjih su godina primijećene i nove vrste želatinoznih organizama. Smatra se kako je dolazak novih vrsta meduza posljedica međudjelovanja klimatskih promjena, prelova ribljih vrsta koji su njihovi prirodni predatori i kompetitori, eutrofikacije te razvoja obale (Brotz i Pauly 2012). Naime, zbog pretjeranog izlova ribe, proriježene su vrste koje se hrane planktonom, a njihovo mjesto u hranidbenom lancu zauzele su meduze čijem je dolasku pogodovao rast temperature mora. Osim što su brojne vrste riba ugrožene pretjeranim izlovom, dodatnu opasnost im predstavlja to što se meduze hrane njihovom ikrom. Na taj način se brojnost riba sve više smanjuje, a meduze postaju vladarice svjetskih mora i oceana (URL 12.).

Od vrsta koje imaju sve češće periode proliferacije u sjevernom Jadranu, tu su *Pelagia noctiluca*, *Aurelia spp*, *Cotylorhiza tuberculata*, *Rhisostoma pulmo*, *Chrysaora hysoscella* te invazivna vrsta rebraša *Mnemiopsis leidyi* (Sl.7.). Globalno zatopljenje može povoljno utjecati na neke vrste meduza na više načina, to uključuje povećanu distribuciju i reprodukciju, izmjene u fenologiji, smanjeni mortalitet te poremećaje u čestini pojavljivanja (Brotz i Pauly 2012). Svih pet vrsta meduza imalo je periode masovne proliferacije u sjevernom Jadranu u proteklih nekoliko desetljeća. Najčešće vrste meduza u sjevernom dijelu Jadrana su *Aurelia spp* i *Rhisostoma pulmo* (morska pluća) i njihovo masovno pojavljivanje nije iznenađujuće dok su se vrste *Chrysaora hysoscella* (kompas meduza) i *Cotylorhiza tuberculata* (mediteranska meduza) javljale u prošlosti, ali ne masovno. *Pelagia noctiluca* ili morska mjesečina je vrsta karakteristična za Atlantski ocean i Sredozemno more, u Jadranu se počela pojavljivati u 20. stoljeću. Njeno masovno pojavljivanje u periodu od 2004. do 2007. pripisuje se neobičnim vremenskim uvjetima 2003. godine. Naime, ta se godina spominje kao godina sa najvišim ljetnim temperaturama zraka u jadranskom bazenu. Pojačana intruzija vode sa juga dovela je za sobom velik broj jedinki ove vrste koja je proliferirala u narednim godinama (Kogovšek i dr. 2010).



U Bokkotarskom zaljevu su u periodu od 2013. do 2017. praćene pojave 6 vrsta meduza: *Aurelia spp*, *Chrysaora hysoscella*, *Cotylorhiza tuberculata*, *Discomedusa lobata*, *Drymonema dalmatinum* i *Rhizostoma pulmo*. Masovne pojave formirale su *Chrysaora hysoscella*, *Cotylorhiza tuberculata* i *Discomedusa lobata* dok su druge bile relativno rijetke. Za režnjake je karakteristična metageneza odnosno izmjena spolne i nespolne generacije te se smatra da na taj način mogu bolje podnijeti utjecaj različitih okolišnih stresora (npr. promjena temperature) od ostalih organizama. Istraživanje je pokazalo da se masovna pojava meduza u Bokkotarskom zaljevu podudarala sa pozitivnim anomalijama temperature mora. Tako je veoma tople 2015. godine zabilježena pojava meduza *D. lobata* i *C. hysoscella* ranije nego ostalih godina. Nadalje, toplovodna vrsta *Cotylorhiza tuberculata* može isto tako imati koristi od povećanja temperature mora. Naime, umjereno tople zime pogoduju preživljavanju polipa, ranije povećanje temperature površine mora u proljeće iznad 21 °C potiče raniju strobilaciju, a visoke temperature ljeti povećavaju stopu rasta meduza (Kogovšek i dr. 2019).



**Slika 7.** Pojava rebraša *Mnemiopsis leidyi*, Rovinj, 25.8.2019.



#### 4.4.4. Invazivne vrste algi

U kombinaciji sa drugim čimbenicima, a svakako i zbog sve toplijeg mora, u Jadran su se naselile i neke nove vrste algi. Najinvazivnije su *Caulerpa taxifolia* i *Caulerpa cylindracea*. *Caulerpa cylindracea* ili grozdasta kaulerpa je tropska invazivna zelena alga koja se agresivno proširila Mediteranom od 1990-ih godina. U Jadranu je prvi put nađena u jesen 2000. godine pokraj Paklinskih otoka u njegovom južnom dijelu otkud se proširila čitavim južnim i srednjim dijelom Jadrana (Bratoš Cetinić i dr. 2013). Prema IUCN-ovom popisu svrstava se među 100 najgorih invazivnih vrsta i na području na kojem se nastani potiskuje ostale vrste algi i samim time smanjuje bioraznolikost područja. Smatra se kako je u Mediteran dospjela putem struja ili balastnih voda, ali je vrsta koja preferira toplija mora te će joj daljnje zagrijavanje Jadrana svakako pogodovati (URL 13.).

*Caulerpa taxifolia* je tropska invazivna zelena alga koja je unesena u Sredozemno more 1984. iz akvarija kod Monaka i otuda se proširila čitavim Sredozemljem i Jadranom. Iako je prilagodljiva velikom rasponu temperatura, sve veće temperature Jadrana joj svakako pogoduju i omogućuju stvaranje sve gušćih pokrov na morskom dnu. Njena opasnost leži u tome što se brzo širi i prekriva morsko dno te istiskuje autohtone vrste algi te uništava livade posidonije. Pogubna je i za sesilne životinjske vrste, npr. koralje te za brojne vrste riba, a kako se nitko njome ne hrani jako ju je teško uništiti (URL 14.).

#### 4.5. Utjecaj klimatskih promjena na koralje

Povećanje temperature, posebno površinskog sloja mora, negativno utječe na sve organizme u njemu. I dok ribe mogu pobjeći u dublje i hladnije dijelove, sesilni organizmi poput spužvi, mahovnjaka i koralja ostaju izloženi takvim promjenama kojima se najčešće ne mogu oduprijeti te nakon mjesec dana izloženosti takvim promjenama ugibaju (URL 15.).

Najčešće se spominje efekt povećanja temperatura na koralje tzv. „coral bleaching“ odnosno izbjeljivanje koralja (Sl. 8.). Koralji žive u simbiozi sa zooxantelama koje pomoću fotosinteze proizvode hranjive tvari potrebne koraljima za rast, metabolizam i razmnožavanje. Osim toga zooxantele omogućuju uspravni rast koralja prema svjetlu, pomažu mu u kalcifikaciji te odstranjivanju štetnih produkata metabolizma. Zauzvrat koralji algama omogućuju stanište, zaštitu od predatora te alge koriste produkte metabolizma koralja. Uz sve nabrojano, alge svojim pigmentima osiguravaju i lijep izgled koralja. Do izbjeljivanja dolazi

kada zooxantele napuste koralja ili izgube svoj pigment zbog nekakvog okolišnog stresa (najčešće promjene temperature). Koralji su ovisni o zooxantelama budući su im izvor hrane te nakon što ih one napuste ostaju ranjivi i podložni različitim bolestima. Povećanje temperature može djelovati i direktno na koralje izazivajući nekrozu tkiva ( Brown 1997).



**Slika 8.** Izbjeljivanje koralja

Izvor: URL 15.

Zbog pozitivne temperaturne anomalije Sredozemnog mora, u posljednjih se dvadesetak godina događaju masovna uginuća sesilnih organizama do 50 m dubine. Najveća uginuća u Sredozemnom moru dogodila su se 1999. i 2003. i utjecala su na oko 30 morskih beskralježnjaka. Istraživanja provedena na zajednici koralja *Cladocora caespitosa* oko otočja Columbretes u zapadnom dijelu Sredozemlja pokazuju korelaciju između povećanja temperature mora i smrtnosti koralja. Istraživanjem su utvrđena dva perioda masovne smrtnosti koralja i to od 2003. do 2006. te od 2008. do 2012. Najveća stopa nekroze i uginuća koralja dogodila se u prvom periodu masovne smrtnosti nakon iznimno toplog ljeta 2003. godine (Bensoussan i dr. 2013).

Zbog klimatskih promjena koje u zadnje vrijeme mijenjaju normalne hidrometeorološke značajke Jadrana, sve su ugroženiji i jadranski koralji te općenito sesilni organizmi. Vrlo bitna značajka Jadrana je stvaranje termokline. Termoklina je barijera između vodenih stupaca koja

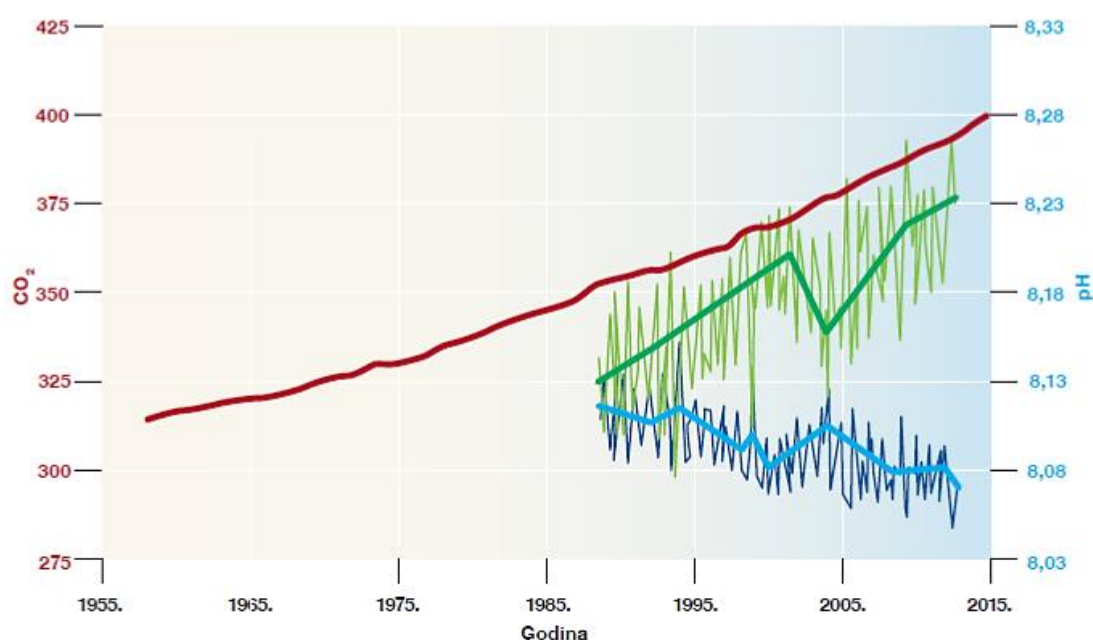
se stvara zbog njihove različite gustoće i temperature. Naime, u proljeće se površinski sloj mora zagrijava te dolazi do stvaranja sezonske termokline do nekih 10-20 m dubine. Ljeti ona postaje još izraženija, a prema jeseni i zimi površinski se dio vode hladi i tone prema dubini te dolazi do homogenizacije stupca vode. Termoklina je veoma bitna budući može onemogućiti izmjenu hranjivih tvari, kisika i planktonskih organizama između vodenih stupaca što može dovesti do uginuća organizama u moru. Problem je što se termoklina zbog klimatskih promjena posljednjih godina spušta puno dublje i ide čak do 50 m dubine (URL 16.). Za Jadran je najznačajniji koraljni greben u Velikom jezeru unutar nacionalnog parka Mljet. Istraživanjem kolonija vrste *Cladocora caespitosa* utvrđena je korelacija između promjena u temperaturi mora i izbjeljivanja koralja u periodu od 1997. do 2012. godine. Utvrđeno je da je na 426 kolonija došlo do djelomičnog izbjeljivanja, a 133 kolonije su uginule od potpunog izbjeljivanja. Isto tako je utvrđeno i da se najveće izbjeljivanje dogodilo u ljeto 2003. godine kad su temperature bile više od 29 °C, što se poklapa sa najvećim izmjeranim temperaturama u jadranskom bazenu u povijesti mjerenja. Velika izbjeljivanja dogodila su se i 2011. godine istodobno u Velikom jezeru te Piranskom zaljevu. Kolonije *C. caespitosa* na manjim dubinama su pokazivale veću stopu smrtnosti od kolonija u dubljim dijelovima što pokazuje utjecaj temperature na kolonije koralja (Kružić i dr. 2014).

Kod nas nalazimo još dvije vrste kamenih koralja, osim *C. caespitosae*, koji žive u simbiozi sa zooxantelama, a to su *Balanophyllia europaea* i *Madracis pharensisi*. Kod svih je primijećen „bleaching“, a kod vrste *B. europaea* na Mljetu je na par mjesta primijećen kompletan pomor (URL 15.). Osim utjecaja povećanja temperature na koralje, klimatske promjene dovele su i do povećanog otapanja CO<sub>2</sub> u moru koji dovodi do njegovog zakiseljavanja. Ono smanjuje količinu karbonata koji je osnovni gradivni element za ljuštore koralja, a čini ranjivim i same zooxantele.

#### 4.6. Zakiseljavanje oceana i mora

Zakiseljavanje ili acidifikacija je otapanje ugljikovog dioksida te sumpornih i dušikovih oksida u vodi na globalnoj razini. Zakiseljavanju mora ipak najviše pogoduje sve veća koncentracija CO<sub>2</sub> u zraku uzrokovana antropogenim utjecajem. CO<sub>2</sub> se otapa u morskoj vodi tvoreći ugljičnu kiselinu pri čemu je pH mora smanjuje i općenito se mijenja njegov kemijski sastav (Sl. 9.). Oceani imaju pH otprilike 8,2 te su prirodno lužnati. Od početka industrijske revolucije pH površinskog dijela oceana smanjio se za 0,1. Ta brojka se ne čini značajna sama

po sebi, ali predstavlja povećanje kiselosti od oko 30 % što je itekako značajno. Povećanje kiselosti oceana utječe na smanjenje količine karbonata koji je ključan gradivni element za izgradnju ljuštura i kućica brojnim organizmima u moru poput koralja, školjkaša, bodljikaša, foraminifera itd.



**Slika 9.** Trend povećanja koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi (crveno), koncentracije otopljenog CO<sub>2</sub> u moru (zeleno) te posljedično smanjenje pH vode (plavo)  
Izvor: IUCN 2019.

Sredozemno je more, zbog značajki poluzatvorenog mora, jedno od najugroženijih svjetskih mora što se tiče zakiseljavanja. Istraživanja pokazuju da je kiselost Sredozemnog mora porasla za oko 10 % u protekla dva desetljeća, što znači da je pH mora pao za oko 0,04 (0,0022 - 0,0025 pH jedinica godišnje).

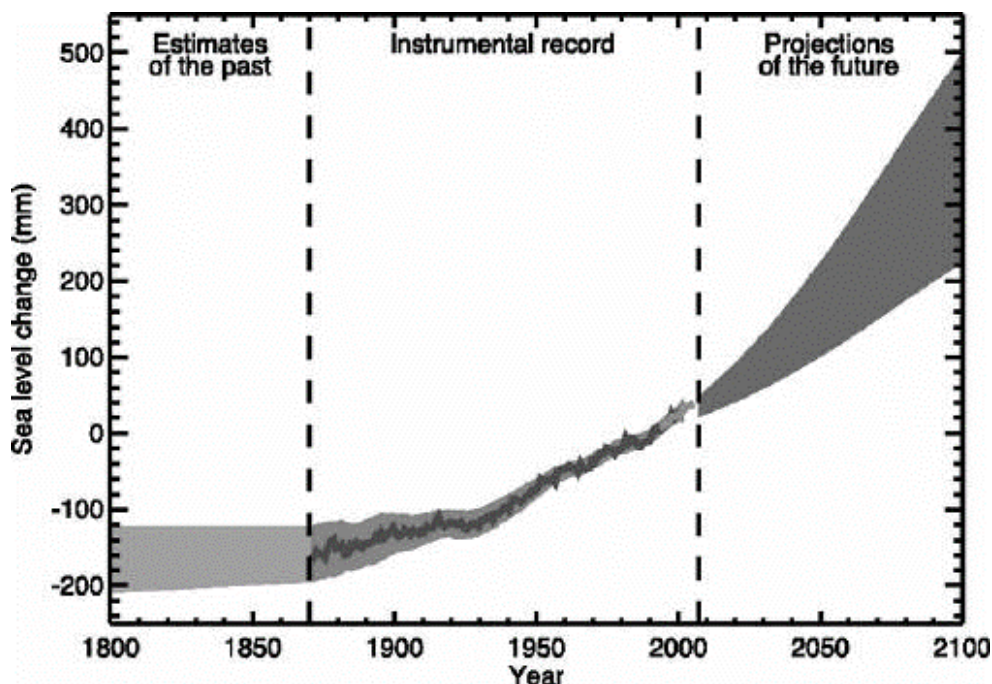
Što se tiče Jadranskog mora ono je isto tako veoma izloženo zakiseljavanju, posebno njegov sjeverni dio koji je okružen velikim brojem industrijskih područja te unosom ugljika i hranjivih tvari sa kopna. Zabilježeno je da se u sjevernom dijelu Jadrana dogodio pad pH vrijednosti za otprilike 0,0025 pH jedinica godišnje (IUCN 2019). To se podudara sa periodom mjerenja od 1983. do 2008. kad je zabilježen ukupan pad pH za 0,06 (Cozzi i dr. 2012). Većina istraživanja usmjerena je prema sjevernom dijelu bazena te se ostavlja veliki prostor za daljnja istraživanja cijelog Jadrana zbog njegove zatvorenosti i izloženosti povećanoj acidifikaciji.

#### 4.7. Povećanje razine mora

Zbog globalnog zatopljenja dolazi i do porasta razine svjetskih mora i oceana. Dva su glavna faktora koja utječu na porast razine mora: toplinsko istezanje vode („ocean thermal expansion“) i topljenje ledenjaka („glacier melting“) uzrokovani globalnim zatopljenjem. (recent changes). Satelitska mjerenja razine mora u svjetskim oceanima za razdoblje od siječnja 1993. do prosinca 2018. ukazuju na to da je prosječna brzina podizanja razine mora iznosila  $3,15 \pm 0,3$  mm/god, a procijenjena ubrzanje iznosi  $0,1$  mm/god<sup>2</sup>. Koliko se posljedice globalnog zatopljenja sve više osjećaju govori i činjenica da je globalna srednja razina mora u 2018. godini bila za oko 3,7 mm viša nego u 2017., a to je ujedno i najveća izmjerena razina u povijesti (URL 17.).

Na Jadranu postoji dugogodišnja tradicija mjerenja visine razine mora na mareografskim postajama u Dubrovniku, Splitu, Zadru, Bakru i Rovinju. Analizom srednjih godišnjih vrijednosti visina razine mora na postajama u Rovinju, Splitu i Dubrovniku za razdoblje od 1955. do 2009. utvrđen je trend porasta razine mora od 0,5 do 0,8 mm/god. Za razdoblje od 1993. do 2009. utvrđen je daljnji trend ubrzanog porasta srednje razine mora od 0,9 do 4,1 mm/god. Trend porasta razine mora posebno je izražen za Split te za Dubrovnik. Za Rovinj je također zabilježen trend porasta razine mora od 0,95 mm/god, no on nije statistički značajan. Ukoliko se ovakav trend povećanja razine mora na srednjem i južnom Jadranu nastavi, predviđa se da bi do kraja stoljeća razina mora mogla porasti za oko 40 cm (Čupić i dr. 2011).

Predviđanja govore kako bi na globalnoj razini, razina mora mogla porasti za 0,3 do 0,9 m sa srednjom vrijednosti od 0,48 m (Sl. 10.) (Berković i dr. 2016). Budući je naša obala dosta strma i visoka, nije toliko osjetljiva na povećanje razine mora. No ipak, postoje osjetljive točke na našoj obali poput doline Neretve i Zadra. Primjerice, za dolinu rijeke Neretve predviđeno povećanje razine mora moglo bi značiti intenzivniju intruziju mora u površinske i podzemne vode te tlo što bi značajno utjecalo na poljoprivredu tog područja. Isto tako, zbog podizanja vodnog lica Neretve došlo bi do probijanja nasipa te čestih poplava. I sjeverni je dio Jadrana ugrožen, primjerice u rijeci Mirni je već primijećeno pojačano zaslanjivanje. Opasnost od podizanja razine mora prijete i sjevernojadranskoj obali, uključujući Venecijansku lagunu. No podizanje razine mora na tom je području, osim globalnim zatopljenjem uzrokovano i djelovanjem različitih čimbenika poput tektonskih i glacio-hidro-izostatskih (Antonoli i dr. 2016).



**Slika 10.** Predviđanja o porastu srednje razine mora za 100 godišnji period

Izvor: Čupić i dr. 2011.

#### 4.8. Cvjetanje mora

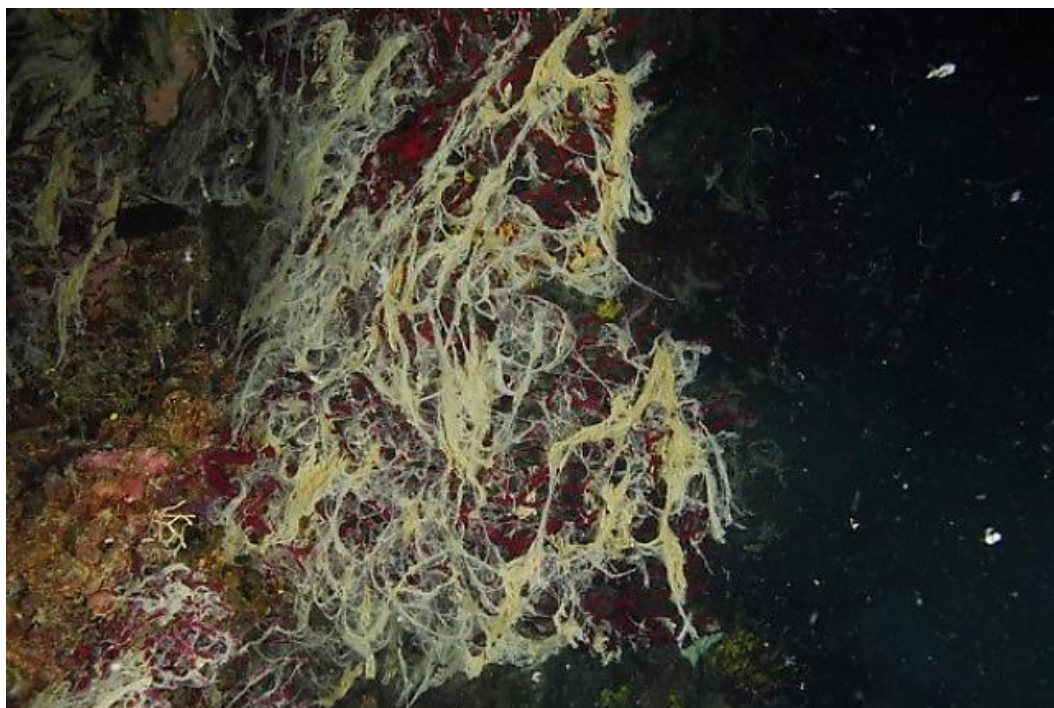
Cvjetanje mora označava stvaranje sluzavih nakupina na površini morske vode zbog naglog rasta fitoplanktona (npr. dijatomeja) koji tu sluz izlučuju (Sl. 11.). Taj fenomen najčešće započinje u proljeće kada dolazi do zagrijavanja površinskog sloja mora te do pojačanih procesa fotosinteze. Kako napreduje fotosinteza tako sluzavi omotač oko algi buja te se stvaraju mjehurići kisika koji tu sluzavu masu podižu na površinu. Upravo ta pojava označava cvjetanje mora (URL 18.). Sluz potom tone na dno gušeći sve što se nalazi ispod nje (Sl. 12.). Tamo ju razgrađuju bakterije i pritom troše velike količine kisika kojemu brzo opada koncentracija u pridnenim dijelovima te dolazi do hipoksije, a može doći i do anoksije. Anoksija je vrlo teško stanje morskog okoliša budući na tom prostoru nema života i potrebno je par godina na se prostor ponovno nastani. Cvjetanje mora pospješuje i eutrofikacija zbog toga što pojačava rast i razmnožavanje fitoplanktonskih algi te stabilna vertikalna stratifikacija bez vertikalnog miješanja slojeva (Knežević i dr. 2005). Cvjetanje mora uzrokuje odbojnost kod kupaca te može biti uzrokovano toksičnom algom ili su sluzave nakupine stanište za nove patogene mikrobiološke zajednice (Danovaro i dr. 2009).





**Slika 11.** Cvjetanje mora

Izvor: URL 20.



**Slika 12.** Crvena gorgonija prekrivena sluzi ostalom iza cvjetanja mora

Izvor: URL 15.

Zbog svoje visoke produktivnosti i plitkoće, Jadran je u posljednja tri desetljeća visoko pogođen upravo tim fenomenom. Cvjetanje se najčešće uočava u sjevernom Jadranu gdje je strujanje u ljetnim mjesecima slabo izraženo i postoji visoka stratificiranost vodenog stupca zbog naglog zagrijavanja površinskog dijela mora (URL 18.). Pretpostavlja se kako na cvjetanje mora u Jadranu nema preveliki utjecaj eutrofikacija niti dotok hranjivih tvari rijekom Po već povećanje temperature uzrokovano klimatskim promjenama. Takvo je mišljenje potkrijepljeno činjenicom da cvjetanje mora počinje sve ranije u godini i traje sve duže. Donedavno se cvjetanje mora u Jadranu počelo pojavljivati od svibnja do srpnja. Takav trend poremećen je proteklih godina i cvjetanje mora se počelo primijećivati puno ranije. Primjer je zima 2006./2007. godine koja je zabilježena kao najtoplija u proteklih 30 godina sa pozitivnim temperaturnim anomalijama od 2-3 °C. Cvjetanje mora započelo je u ožujku 2007. godine i sluzave su se nakupine prostirale na više od 2500 km duž talijanske obale te su trajale više od 5 mjeseci (Danovaro i dr. 2009).

Za spomenuti je i slučaj iz ljeta 2006. godine kada je ispred Ancone na zapadnoj obali Jadrana došlo do toksičnog cvjetanja tropske alge *Ostreopsis ovata* i do otrovanja kupaca. Kupanje na tom području zabranjeno je i u ljeto 2008. te 2009. godine (Krželj 2010). Da cvjetanje mora i padanje sluzavih nakupina na morsko dno štetno utječu na brojne organizme pokazuje i primjer iz kolovoza ove godine kada je zabilježen neobičan pomor morskih ježinaca na zapadnoj obali Istre. Kao uzrok pomoru navodi se naglo zagrijavanje mora koje se dogodilo u svega par dana. Pretpostavlja se da je to uzrokovalo cvjetanje makroalgi čije su sluzave nakupine na morskom dnu poklopile floru i faunu te dovele do njihovog pomora (URL 19.).

## 5. BUDUĆNOST JADRANA

Na temelju svega nabrojanog, jasno se vidi utjecaj klimatskih promjena na samu dinamiku te na ekosustav Jadranskog mora. Ukoliko se klimatske promjene nastave događati istim tempom, promjene u Jadranu će biti još drastičnije. Uz ostale prijetnje morskom okolišu, poput prelova, onečišćenja, promjene obalnih staništa, pritiska turizma itd., promjene će biti još vidljivije. U budućnosti bi klimatske promjene mogle još više promijeniti režim oborina u Južnoj Europi, dotok vode rijekom Po i režim vjetrova. Zbog toga se može očekivati povećano isparavanje koje će uz smanjen donos vode rijekama dovesti do povećanja saliniteta. Zbog povećanja saliniteta i temperature smanjit će se topljivost kisika i ubrzati razgradnja organske tvari. (Berković i dr. 2016). Mogu se očekivati i promjene u vertikalnom stupcu vode,



termohalinih odnosa, dubine fotičkog sloja te razvoja mikroorganizama u specifičnom okolišu. Moglo bi doći i do promjene u raspodjeli planktona, nektona i bentosa. (Viličić 2013).

Dolazak invazivnih vrsta već sada ima utjecaj na autohtone riblje zajednice. Ako trend povećanja temperature nastavi rasti istim tempom, to će dovesti do dolaska još više invazivnih vrsta koje bi mogle potisnuti autohtone vrste. Veliko je pitanje kakav će to utjecaj imati na hrvatsko ribarstvo i hoće li se ono uspjeti održati. To je pitanje još ozbiljnije ukoliko uzmemo u obzir i sve veći ribolovni pritisak na pojedine vrste riba. Nove bi invazivne vrste mogle biti opasne i za ljudsko zdravlje ako su toksične. A neke bi vrste, poput morskih psa, mogle ugrožavati i samu sigurnost kupaca. U tom bi smislu klimatske promjene mogle imati i veliki utjecaj na turizam. Mogu se očekivati i sve češća cvjetanja mora i masovne proliferacije meduza i ostalih želatinoznih organizama. Naše čisto i sigurno more moglo bi postati ne toliko primamljivo za turiste.

Osim utjecaja klimatskih promjena na samo gospodarstvo Hrvatske, još je veći njihov utjecaj na bioraznolikost Jadrana. Zbog zagrijavanja mora, mnoge bi hladnomorske vrste u budućnosti mogle izgubiti stanište i izumrijeti. Brojni bi sesilni organizmi mogli biti podvrgnuti masovnom izumiranju zbog povećanja temperature, zakiseljavanja, anoksije te gustih pokrova sluzavih nakupina ostalih iza cvjetanja fitoplanktona. Posebno su ugroženi koralji čija bi naselja mogla nestati, a zbog toga i brojne ribe kojima su ona stanište.

## 6. LITERATURA

Antonioli, F., Anzidei, M., Amorosi, A., Deiana, G., De Falco, G., Fontana, A., Fontolan, G., Lisco, S., Lo Presti, V., Mastronuzzi, G., Marsico, A., Moretti, M., Orrù, P.E., Sannino, G.M. Serpelloni, E., Vecchio, A. 2016: Sea-level rise and potential drowning of the Italian coastal plains: Flooding risk scenarios for 2100. Elsevier 158 (15), 29-43

Bensoussan, N., Kersting, D.K., Linares, C. 2013: Long-Term Responses of the Endemic Reef-Builder *Cladocora caespitosa* to Mediterranean Warming. PLOS ONE 8 (8)

Berković, B., Bitunjac, I., Dragičević, B., Holcer, D., Jakl, Z., Plepel, I., Pleslić, G., Prvan, M., Žuljević, A. 2016: Priručnik za zaštitu mora i prepoznavanje živog svijeta Jadrana, Udruga za prirodu, okoliš i održivi razvoj Sunce, Split

- Bratoš Cetinić, A., Čalić, M., Dulčić, J., Mikuš, J., Pećarević, M. 2013: Introduced marine species in Croatian waters (Eastern Adriatic Sea). *Mediterranean Marine Science* 14 (1), 224-237
- Brown B. E., 1997: Coral bleaching: causes and consequences. *Coral Reefs* 16, 129-138
- Brotz, L., Pauly, D. 2012: Jellyfish populations in the Mediterranean Sea. *Acta Adriatica* 53 (2), 211-230
- Buljan, M., Zore-Armanda, M., 1971: Osnove oceanografije i pomorske meteorologije. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, 424 str.
- Cozzi, S., Degobbi, D., Djakovic, T., Fonda Umani, S., Giani, M., Solidoro, C. 2012: Recent changes in the marine ecosystems of the northern Adriatic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 115, 1-13
- Čupić, S., Domijan, N., Gržetić, Z., Leder, N., Mihanović, H., Mlinar, M. 2011: Klimatske promjene, porast razine mora na hrvatskoj obali Jadrana. Hrvatska konferencija o vodama (Zbornik radova), Opatija, 593-600
- Danovaro, R., Pusceddu, A., Fonda Umani, S. 2009: Climate Change and the Potential Spreading of Marine Mucilage and Microbial Pathogens in the Mediterranean Sea. *PLOS ONE* 4 (9), 1-8
- Dulčić, J., Drakulović, D., Gangai, B., Joksimović, A., Lučić, D., Mačić, V., Mandić Zovko, M., Marković, O., Miloslavić, M., Onofri, I., Onofri, V., Pestorić, B., Petović, S., Žuljević, A. 2014: MONOGRAFIJA, Alohtone vrste istočne obale južnog Jadrana, Institut za biologiju mora Univerziteta Crne Gore i Institut za more i priobalje Sveučilišta u Dubrovniku, Kotor
- Dulčić, J., Čukteraš, M., Dragičević, J., Đodo, Ž., Glamuzina, B. 2012: Nove vrste u jadranskoj ihtiofauni i socio-ekonomske posljedice na hrvatsko morsko ribarstvo. *Croatian Journal of Fisheries* 70 (1), 111-123
- Glamuzina, B. 2012: Utjecaji globalnog zagrijavanja na ribarstvo i marikulturu u južnom Jadranu
- Knežević, R., Smolčić Jurdana, D., Magaš, D. 2005: Cvjetanje mora na morskim plažama riječkog zaljeva. *Tourism and Hospitality Management* 11 (2), 93-98

Kogovšek, T., Lučić, D., Mačić, V., Milić Beran, I., Pestorić, B., Violić, I. 2019: Recent changes (2013-2017) in scyphomedusan fauna in the Boka Kotorska Bay, Montenegro (Southeast Adriatic). *Acta Adriatica* 60 (1), 25-40

Kogovšek, T., Bogunović, B., Malej, A. 2010: Recurrence of bloom-forming scyphomedusae: wavelet analysis of a 200-year time series. *Hydrobiologia* 645, 81-96

Kružić, P., Lipej, L., Mavrič, B., Rodić, P. 2014: Impact of bleaching on the coral *Cladocora caespitosa* in the eastern Adriatic Sea. *Marine Ecology Progress Series* 509, 193-202

Krželj, M. 2010: Utjecaj klimatskih promjena na morski okoliš. *Paediatr Croat* 54 (1), 18-23

Okrugli stol: Bioindikatori stanja i promjena u Jadranskome moru, 2015, HAZU

Utjecaj zakiseljavanja na zaštićena morska područja, 2019. IUCN Centar za mediteransku suradnju

Viličić, D. 2014: Specifična oceanološka svojstva hrvatskog dijela Jadrana. *Hrvatske vode* 90, 297-314

Viličić, D. 2013: Jadran i globalne promjene. *Priroda* 103, 22-28

preza <http://prilagodba-klimi.hr/>

URL 1.: <http://priodahrvatske.com/jadran/>

URL 2.: <http://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/prirodne-vrijednosti-stanje-i-ocuvanje/bioraznolikost/morske-vrste>

URL 3.: <https://gorgonija.com/2019/04/25/bioloska-raznolikost-jadranske-ichtiofaune-1/>

URL 4.: [http://www.wwfadria.org/naa\\_zemlja/klimatske\\_promjene/](http://www.wwfadria.org/naa_zemlja/klimatske_promjene/)

URL 5.: [https://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_modeli&param=klima\\_promjene](https://meteo.hr/klima.php?section=klima_modeli&param=klima_promjene)

URL 6.: <https://morski.hr/2018/08/29/akademik-mirko-orlic-jadran-se-zagrijao-za-cak-2-c-i-to-vec-utjece-na-turizam-do-kraja-stoljeca-razina-mora-visa-za-1-m/>

URL 7.: <https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/pitali-smo-strucnjaka-kakve-ce-biti-posljedice-rasta-temperature-mora-20170811>

URL 8.: <https://www.jutarnji.hr/vijesti/hrvatska/domaci-strucnjaci-strahuju-od-dolaska-invazivne-vrste-na-jadran-morski-paun-jos-nije-viden-ali-pitanje-je-dana-kada-ce-se-to-dogoditi/8947400/>

URL 9.: <https://morski.hr/2018/01/31/posljednjih-sedam-godina-u-jadranu-se-pojavilo-16-novih-vrsta-riba/>

URL 10.: <http://www.invazivnevrste.hr/?p=1197>

URL 11.: <https://100posto.hr/news/u-jadranu-ce-se-brzo-nastaniti-vrste-morskih-pasa-izrazito-opasnih-za-ljude>

URL 12.: [http://www.novilist.hr/novilist\\_public/Znanost-i-tehnologija/Znanost/Globalno-zatopljenje-i-prevelik-izlov-ribe-Meduze-postaju-vladarice-Jadrana?meta\\_refresh=true](http://www.novilist.hr/novilist_public/Znanost-i-tehnologija/Znanost/Globalno-zatopljenje-i-prevelik-izlov-ribe-Meduze-postaju-vladarice-Jadrana?meta_refresh=true)

URL 13.: <http://civ.iptpo.hr/grozdasta-kaulerpa/>

URL 14.:

[https://www.akvarij.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=196:caulerp](https://www.akvarij.net/index.php?option=com_content&view=article&id=196:caulerp)

URL 15.: [http://www.novilist.hr/novilist\\_public/layout/set/print/Vijesti/Hrvatska/I-NASE-MORE-SVE-TOPLIJE-Koralji-nestaju-Jadran-osvajaju-invanzivne-vrste](http://www.novilist.hr/novilist_public/layout/set/print/Vijesti/Hrvatska/I-NASE-MORE-SVE-TOPLIJE-Koralji-nestaju-Jadran-osvajaju-invanzivne-vrste)

URL 16.: [http://skola.gfz.hr/d3\\_1c.htm](http://skola.gfz.hr/d3_1c.htm)

URL 17.:

[https://meteo.hr/objave\\_najave\\_natjecaji.php?section=onn&param=objave&el=priopcenja&daj=pr28032019](https://meteo.hr/objave_najave_natjecaji.php?section=onn&param=objave&el=priopcenja&daj=pr28032019)

URL 18.:

[http://skola.gfz.hr/u3.htm?fbclid=IwAR3RL4YCTNWxRlygeMBjwKKKjZTVsT9zH8oKEIGvT9oY2l8a\\_Chm0zzCpCw](http://skola.gfz.hr/u3.htm?fbclid=IwAR3RL4YCTNWxRlygeMBjwKKKjZTVsT9zH8oKEIGvT9oY2l8a_Chm0zzCpCw)

URL 19.: <https://www.glasistre.hr/znanost/znanstvenici-razmatraju-moguce-uzroke-nestanka-jezinaca-s-hridinastog-dna-kod-poreca-vrsara-i-funtane-morski-jezinci-potpuno-nestali-s-nekih-dugogodisnjih-stanista-595777>

URL 20.: <http://dubrovniknet.hr/novost.php?id=45922>

## 7. SAŽETAK

Klima se na Zemlji oduvijek mijenjala, no zbog antropogenog utjecaja klimatske se promjene ubrzavaju, a njihove su posljedice sve izraženije. Zbog velike emisije stakleničkih plinova došlo je do globalnog zatopljenja. U proteklih nekoliko desetljeća zabilježen je sve veći utjecaj klimatskih promjena na dinamiku i ekosustav Jadranskog mora. Opaženo je povećanje temperature, posebno izraženo u površinskom sloju do 20 m dubine. Zbog povećane količine antropogeno nastalih plinova (CO<sub>2</sub>, dušikovi i sumporni oksidi) te njihovog otapanja u moru došlo je do procesa zakiseljavanja. Ono, zajedno sa povećanjem temperature djeluje na sesilne organizme u moru, a posebno su izloženi koralji kod kojih dolazi do izbjeljivanja. Jadran sve više privlači različite termofilne vrste, poput riba, algi, bakterija i želatinoznih organizama. Dolazi i do promjene areala rasprostranjenosti vrsta unutar samog Jadrana te do promjena u dotoku vode i hranjivih tvari rijekama te posljedično do povećanja saliniteta. Sve se češće i ranije pojavljuju cvjetanja fitoplanktona, došlo je do povećanja razine mora, a mijenja se i cirkulacija vode u samom Jadranu. Brojne su druge posljedice koje će se u narednim godinama povećavati ukoliko se klimatske promjene nastave odvijati istim tempom.

## 8. SUMMARY

The Earth's climate has always changed, but due to the anthropogenic impact it is changing faster. Global warming is an aspect of climate change and it is caused by increased concentrations of greenhouse gases. Adriatic Sea during the last few decades has been influenced by climate change. It has been observed an increasing of water temperature, especially expressed in the surface layer up to 20 m. Another change is an acidification of water due to the increase of atmospheric carbon, nitrogen and sulfur oxides. This, together with the increase of temperature, has an effect on sessile organisms. Coral reefs are especially vulnerable to climate change and they are affected by bleaching. The increasing seawater temperature facilitated the spreading of thermophilic species such fish, algae, bacteria and gelatinous organisms. There is also the change in the migration patterns of species that are native to the Adriatic Sea. A marked decrease of the freshwater outflow that caused a rise of surface salinity was observed during the last few decades. Phytoplankton blooms have been occurring more and more frequently. The sea level and the circulation of the Adriatic Sea is also changing. There are many other consequences that will be magnified in the coming years if temperatures continue to rise at the same rate.